



## V4 – Rasterelektronenmikroskopie

Ort: Labor C60.U09 (Professur Analytik an Festkörperoberflächen)

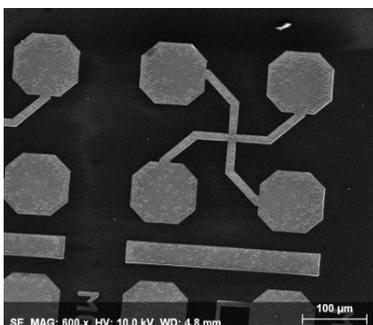
Betreuer: Dr. H. Schletter / D. Dentel

### Rasterelektronenmikroskopie

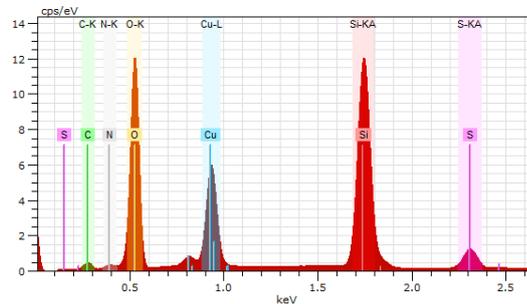
Rasterelektronenmikroskope (engl. scanning electron microscope – SEM) können eine Auflösung im Bereich weniger Nanometer erreichen, was um etwa 2 Größenordnungen besser ist als bei einem Lichtmikroskop. Dazu wird ein fein fokussierter Elektronenstrahl zeilenweise über die Probe geführt. Dabei werden aus der Probenoberfläche Elektronen unterschiedlicher Energie freigesetzt. Die Intensitäten dieser Sekundär- oder Rückstreuelektronen werden für jeden Rasterpunkt des Elektronenstrahls gemessen und als Helligkeitswert zu einer Mikroskopie-Aufnahme zusammengesetzt. So entstehen Bilder mit einem anschaulichen plastischen Eindruck. Damit hat das Rasterelektronenmikroskop einen festen Platz sowohl in der wissenschaftlichen Forschung als auch in technischen Routineuntersuchungen.

### Mikroskopische Elementanalyse

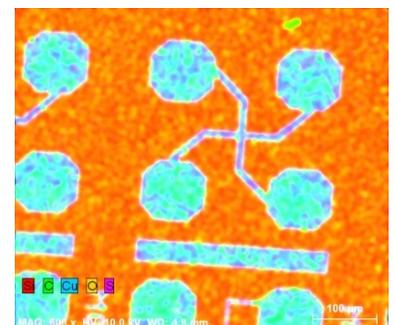
Der Energieeintrag des primären Elektronenstrahls bewirkt in der Probe – neben der Erzeugung von Sekundär- und Rückstreuelektronen – auch die Emission von Röntgenstrahlen. Dabei wirkt das Probenmaterial wie die Anode einer Röntgenröhre. Bei der energiedispersiven Röntgenanalyse (engl. energy dispersive X-ray analysis – EDX), werden die so erzeugten Röntgenphotonen in ihrer Energie gemessen. So kann während des Rasterns eines Probenbereichs das Emissionsspektrum eben dieses Bereichs aufgenommen werden. Darüber hinaus kann die Intensität einzelner Röntgenenergien während des Rasterns für jedes Pixel separat bestimmt werden und somit ein mikroskopisches Elementverteilungsbild erzeugt werden.



(a) Abbildung mittels Sekundärelektronen im SEM



(b) Röntgenemissionsspektrum des links gezeigten Probenbereichs



(c) EDX-Elementverteilungsbild dieser Probenstelle

Ziel dieses Versuchs ist die mikroskopische Abbildung und Elementanalyse eines Elektronikchips im SEM. Darüber hinaus wird entweder der Aspekt der elektronenmikroskopischen Abbildung oder der EDX-Analyse durch weitere Messungen vertieft (siehe Versuchsprogramm am Ende dieser Beschreibung).



1. Bilden Sie die Mikrostruktur eines Elektronikchips im SEM in geeigneten Vergrößerungen ab.
  2. Ermitteln Sie die Zusammensetzung und Elementverteilung auf einer Probenstelle dieses Chips mittels EDX.
  3. Untersuchen Sie die Bildentstehung im SEM **oder** die EDX-Analyse durch weitere Messungen.
- Ein detailliertes Arbeitsprogramm für diesen Versuch befindet sich am Ende dieser Anleitung.

Auflösungsvermögen, Elektronen in elektrischen & magnetischen Feldern, Sekundär- & Rückstreuielektronen, Astigmatismus, Atommodell, charakteristische & kontinuierliche Röntgenstrahlung, Emission & Absorption von Röntgenstrahlung, Röntgenfluoreszenz

Folgende Lehrbücher zur Rasterelektronenmikroskopie sind über die Universitätsbibliothek online verfügbar:

1. Joseph I. Goldstein, Dale E. Newbury, Joseph R. Michael, Nicholas W.M. Ritchie, John Henry J. Scott, David C. Joy: Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis, 2018;  
<https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4939-6676-9>
2. Anwar Ul-Hamid, A Beginners' Guide to Scanning Electron Microscopy,  
<https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-98482-7>

Sowie jede weitere Literatur zu den Schlagwörtern (Raster-) Elektronenmikroskopie und EDX.



### **Basisaufgabe**

Untersuchung eines Elektronikchips

1. Bereiten Sie die Probe für die Untersuchung im SEM vor (ggf. Reinigung, Fixierung auf Probenhalter, Einschleusung ins SEM)
2. Bilden Sie (mindestens) 2 Probenausschnitte bei unterschiedlichen Vergrößerungen, unter Beachtung korrekter Fokussierung & Astigmatismus-Korrektur, ab.
3. Erstellen Sie ein EDX-Spektrum der Probe und identifizieren Sie die vorhandenen Elemente.
4. Erstellen Sie ein Elementverteilungsbild der Probe anhand der eben identifizierten Elemente.

### **Vertiefungsrichtungen**

In Abstimmung zwischen Praktikanten und Betreuer wird eine dieser beiden Aufgaben zur Bearbeitung ausgewählt.

1. Bildentstehung im SEM
  - ▶ Ein zusätzlicher Rückstreuelektronendetektor wird ins SEM eingebaut.
  - ▶ Bilden Sie Probenbereiche sowohl mit Sekundär- als auch mit Rückstreuelektronen ab und diskutieren Sie die Kontrastunterschiede.
  - ▶ Möglich ist auch der Vergleich mit Abbildungen aus einem (digitalen) Lichtmikroskop.
2. Quantitative EDX-Analyse
  - ▶ Erstellen Sie ein EDX-Spektrum einer Metalllegierung und bestimmen Sie deren quantitative Zusammensetzung.

Die Bedienung der Mikroskope sowie des EDX-Systems wird Ihnen vor Ort vom Betreuer erläutert. Die einzelnen Messungen erfolgen dann weitgehend eigenständig.